

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»

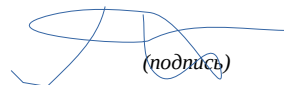
Факультет компьютерных наук
Образовательная программа «Науки о данных»

О Т Ч Е Т
по проектной работе

*Предсказание наиболее эффективной высоты полета самолета, используя
погодные данные*
(Название проекта)

Выполнил студент гр.
НОД_ИССА2020

Потемкин Павел Алексеевич
(ФИО)



(подпись)

Руководитель проекта:

(должность, ФИО руководителя проекта)

(оценка)

(Дата)

(подпись)

Москва 2022

Общее описание проекта

В данном проекте исследуется методология построения маршрута на оптимальных высотах для гражданской авиации. В данном кейсе экономия даже 1% топлива для авиакомпаний может дать значительную прибыль.

Для построения маршрута в небе на крейсерской или около крейсерской высоте будут использоваться метеорологические данные ветра. Так как ветер может очень сильно влиять на скорость самолета.

Для подсчетов будут использоваться данные канадской метеорологической службы, данные по бортам opensky-network.org, база данных по характеристикам самолетов Aircraft Performance Database от EuroControl.

Результатом является предсказание эффективного маршрута для борта при данных погодных условиях.

Сбор данных

Как отмечалось выше для проекта необходимо собрать данные из нескольких источников.

Так как в проекте рассматривается гражданская авиация, то необходимо собрать базу гражданских бортов. Для этого использовалась база по бортам от opensky-network.org, актуальная на апрель 2022 года: <https://opensky-network.org/datasets/metadata/aircraftDatabase-2022-04.csv>. В данной базе в формате JSON содержится информация по бортам, которые находятся в эксплуатации. Используя её, по полю "**manufacturericao**" были отфильтрованы наиболее популярные производители самолетов и их борты. Для дальнейшего использования были взяты самолеты компаний 'BOEING', 'AIRBUS', 'RAYTHEON', 'LEARJET'. Для каждого самолета используется далее его icao24 метка (аналог уникального номера), модель и изготовитель.

Далее необходимо для каждого типа самолета найти его крейсерскую скорость при отсутствии ветра. Для этого использовалась база данных по характеристикам самолетов Aircraft Performance Database от EuroControl. Итогом стал файл с строкой формата: **BOEING,B737,237** — где последнее число является крейсерской скоростью в м/с.

Предпоследней частью данных является база метеорологических данных. Из неё необходимо извлекать значения скорости ветра. Сама база данных скачивалась с сайта канадской метеорологической службы http://dd.weather.gc.ca/model_gem_global/25km/grib2/lat_lon/. Данные хранятся в специальном географическом формате grib2, который представляет из себя растровое изображение определенной характеристики на сетке земли. Для того, чтобы использовать этот формат использовалась база данных Postgres с расширением PostGIS. Погодная служба представляет данные по скорости ветра в файлах по формату ссылки: https://dd.weather.gc.ca/model_gem_global/15km/grib2/lat_lon/12/015/CMC_glb_<U/V>GRD_ISBL_<mb>_latlon.15x.15_<date>_P015.grib2.

Где U/V отвечает за направление ветра: U - вдоль широт с направлением на восток, V — вдоль меридианов с направлением на север.

Где mb отвечает за высоту. В данном формате не используется высота в метрах, вместо этого используется измерения в mb. Для перевода в обычную высоту используется формула от [National Oceanic and Atmospheric Administration \(NOAA\)](https://www.noaa.gov).

Где date отвечает за дату. К сожалению база данных не поддерживает историю. Поэтому необходимо хранить старые данные локально.

Последней частью данных является получение всех самолетов, которые совершают рейсы в данный момент. Для этого используется live API opensky-network.org. Оно позволяет получать необходимую информацию по каждому борту, который сейчас подает сигнал. Из-за некоторых условностей (будут указаны далее) было решено ограничить рассматриваемую территорию до Европы. Также в Европе ежедневно совершается большое число перелетов, на которых самолет успевает подняться до крейсерской высоты полета. Данные по бортам собирались каждые 2 минуты.

Основная часть

Поиск законченных маршрутов

Рассмотрим подробнее данные по текущему положению самолета от opensky-network.org:

```
"4b1805","SWR1081",  
,"Switzerland",1650610595,1650610610,8.5697,50.0438,null,true,0,160.31,null,null,null,"1000",false,0,0
```

Необходимыми тут данными являются поля:

0	Icao24 борта
1	Номер полета
3	Unix timestamp
5	Долгота
6	широта
8	Находится на земле
9	скорость
10	Угол поворота по часовой стрелке от севера
13	Высота

Теперь необходимо найти законченные маршруты. То есть маршруты, для которых самолет появляется в данных хотя бы с высоты 5000 м и уходит на такой же или менее высоте. Среди таких маршрутов выбираются только те, в которых самолет проводит более 160 минут. Это позволяет иметь в маршрутах достаточно длинные участки высоты крейсерской скорости (8800 м).

Анализ маршрута на крейсерской высоте

Рассмотрим обработку одного маршрута из выбранных на предыдущем шаге. Как было сказано выше снимаются показатели по самолету каждые 2 минуты. На каждом шагу известно местоположение самолета: широта, долгота, высота. Теперь необходимо построить эффективный маршрут в зависимости от ветра.

Для начала необходимо определить возможные высоты для полета. Одной из причин, почему областью сбора данных бралась Европа является одинаковое правило эшелонирования на её территории. ICAO (International Civil Aviation Organization) вводит на территории Европы эшелонирование, основанное на полкруговой схемы. Схема распределяет самолеты летящие на восток или запад по разным эшелонам. Если самолет летит на восток, то для него доступны эшелоны с 29000 футов до 41000 футов с шагом 2000 футов. Если самолет летит на запад, то для него доступны эшелоны с 30000 футов до 40000 футов с шагом 2000. Таким образом самолеты, летящие в разных направлениях с меньшей вероятностью могут столкнуться.

Поэтому для самолета в зависимости от направления создается сетка высот. Далее эта сетка распространяется на весь полет на крейсерской скорости. Полученная матрица заполняется скоростями самолета при соответствующей силе ветра. По известным координатам происходит обращение к растрерам в базе данных. Из них высчитывается скорость самолета на данной высоте при заданном ветре. Эта матрица будет использоваться далее для подсчета эффективного маршрута.

Построение эффективного маршрута

При построении эффективного маршрута необходимо учитывать некоторые ограничения авиации. Например, не всегда возможно изменить свой эшелон более чем на 1. При большой скорости пассажиры могут чувствовать себя некомфортно. Также существует набор правил для горизонтального эшелонирования.

После получения матрицы подсчитывается наиболее эффективный маршрут в ней. Для этого используется горизонтальная динамика с выбором из 3х соседних клеток. Таким образом из последних клеток можно восстановить эффективный маршрут.

Такой маршрут позволит провести маршрут с максимальными скоростями, что означает минимум времени. Самолетные двигатели устроены так, что они потребляют одинаковое количество топлива при крейсерской скорости. То есть уменьшение времени полета напрямую уменьшает количество потраченного топлива.

Заключение

В данном проекте разработан прототип проекта, который позволяет строить эффективные маршруты для полетов самолетов на крейсерской высоте. Данный прототип может помочь экономить топливо для авиаперевозчиков.

В процессе работы были получены знания об обработке сырых геоданных, данных с сайтов с открытым API. Хочется отметить, что после работы над проектом я начал понимать больше

о системах авации, нашел ответы на некоторые вопросы о самолетах из детства, а также немного освежил в памяти физику.

Будущее развитие

Данный проект может быть улучшен. Например, одним из самых простых способов улучшения является повышение качества данных: более частое обновление положения самолетов или realtime данные по погоде. К сожалению, в общем доступе последних нет. Также проект можно улучшить с теоретической точки зрения: добавить новые переменные в подсчет скорости.